

ІМІТАТОР ЗАКЛАДНОГО ПРИСТРОЮ ДЛЯ НЕЛІНІЙНОГО РАДІОЛОКАТОРА

УДК 638.235.231

ІМІТАТОР ЗАКЛАДНОГО ПРИСТРОЮ ДЛЯ НЕЛІНІЙНОГО
РАДІОЛОКАТОРА

Максим Зінченко, Юрій Зінковський

НДЦ «ТЕЗІС» НТУУ «КПІ»

Анотація: Запропоновано використовувати як імітатор закладного пристрою для нелінійного радіолокатора плоску спіральну антену, навантажену на нелінійний елемент. Дослідження підтвердили ідентифікацію закладного пристрою як електронного об'єкта в умовах впливу завад.

Summary: Is offered, as the uniform simulator of the mortgage device for nonlinear radio locator, flat spiral aerial loaded on a nonlinear element. The researches have confirmed identification of the mortgage device as electronic object, in conditions of influence of handicaps.

Ключові слова: Нелінійний локатор, засоби захисту інформації, захист інформації.

І Вступ

Пошук закладних пристроїв (ЗП), що не використовують радіоканал для передачі інформації, а також тих, що перебувають у пасивному (не випромінюючому) стані, традиційними засобами виявлення, такими як панорамні радіоприймачі, аналізатори спектра або детектори поля, в цьому випадку, є неефективним.

Застосування нелінійного радіолокатора (НР) для пошуку таких закладних пристроїв засноване на опроміненні об'єкта спектрально-чистим НВЧ-сигналом і на здатності об'єкта до прямого спектрального перетворення зондувального сигналу й випромінювання його на гармоніках частоти зондування. Ці явища можливі за наявності в складі об'єкта елементів з нелінійними вольт-амперними характеристиками (ВАХ), наприклад, напівпровідників (далі об'єкти з нелінійними ВАХ, що мають у своєму складі напівпровідникові елементи, називатимемо електронними, а всі інші – завадовими).

Вольт-амперну характеристику напівпровідникового елемента можна розгорнути в степеневий ряд $i = i_0 + a_1 \cdot U + a_2 \cdot U^2 + a_3 \cdot U^3 + \dots$, де i_0 — струм спокою в робочій точці, a_1 — крутизна ВАХ в робочій точці, a_2 — перша похідна крутизни, a_3 — друга похідна крутизни й т. д. При впливі на напівпровідниковий елемент гармонічного сигналу $U = U_0 \cos(\omega t)$, де U_0 — амплітуда сигналу, $\omega = 2\pi f$ — кругова частота сигналу, відгук нелінійного елемента буде мати вигляд:

$$i_{\text{відг}} = \left(i_0 + \frac{1}{2} a_2 U_0^2 + \dots \right) + \left(a_1 U_0 + \frac{3}{4} a_3 U_0^3 + \dots \right) \cos(\omega t) + \frac{1}{2} a_2 U_0^2 \cos(2\omega t) + \frac{1}{4} a_3 U_0^3 \cos(3\omega t) + \dots$$

Чим вище номер прийнятої гармоніки n , тим менше, як правило, її амплітуда. В сучасних локаторах аналізуються тільки друга і третя гармоніки зондувального сигналу. Для напівпровідникових елементів характерний більш високий рівень випромінюваного сигналу на 2-й гармоніці в порівнянні з 3-ю (приблизно на 10-40 дБ).

Джерелами перешкод для роботи НР можуть бути металеві контакти, що являють собою квазінелінійні елементи з нестійким p - n -переходом, викликаним наявністю окислів на поверхні металів. У фізиці напівпровідників подібні структури відомі як «метал - окисел - метал» (МОМ-структури). Вольт-амперна характеристика МОМ-структури, на відміну від характеристики p - n переходу, є симетричною, а тому для МОМ-структур характерний більш високий рівень випромінюваної 3-ї гармоніки порівняно з 2-ю.

Отже, розрізнення об'єктів двох класів — електронних і завадових пов'язане з парністю і непарністю вольт-амперних характеристик наявних нелінійних елементів. У реальній пошуковій ситуації на кінцевий результат також впливають радіотехнічні властивості шуканих і завадових об'єктів на частотах сигналу зондування і його гармонічних складових. Рішення задачі розрізнення (ідентифікації) об'єктів пошуку апаратурою нелінійної радіолокації може бути сформульоване тільки в статистичному сенсі [1].

Алгоритм ідентифікації за співвідношенням рівнів другої і третьої гармонік характерний для більшості сучасних НР, які мають два канали прийому, але слід зазначити, що такий алгоритм ефективний тільки в разі ідентичності і калібрування обох каналів прийому за коефіцієнтом передачі сигналу.

II Постановка задачі

Ефективна методика порівняння нелінійних радіолокаторів пов'язана з впровадженням єдиного імітатора закладного пристрою. Більшість НР функціонують на фіксованих частотах, без можливості їх зміни. Як наслідок, на частотах прийому можуть бути присутніми випромінювання сторонніх радіоелектронних засобів і МОМ структур. І якщо навіть рівні сигналів, що заважають, невеликі, їх може бути досить для порушення нормальної роботи НР, тому що чутливість приймальних пристроїв дуже велика (лежить у межах

від 10^{-15} до 10^{-11} Вт), а це в свою чергу порушить об'єктивність визначення такого показника призначення, як спроможність виявлення нелінійним радіолокатором електронних об'єктів.

Під **спроможністю виявлення нелінійним радіолокатором електронних об'єктів** розуміють властивість породжувати і реєструвати в напівпровіднику демаскуючий його сигнал, який є наслідком внутрішнього перерозподілу енергії зондувального сигналу. Мірою, що характеризує спроможність виявлення НР електронних об'єктів, є **максимальна відстань** L_{\max} від досліджуваного об'єкта до антенної системи НР, на якій пошуковий прилад здатен виявити й ідентифікувати об'єкт як електронний. Чим більше значення величини L_{\max} , тим краща спроможність виявлення НР електронних об'єктів.

Вирішенням проблеми може бути використання властивості імітатора ЗП випромінювати достатньо великі рівні гармонік порівняно з гармоніками оточуючих напівпровідникових і МОМ структур.

На сьогоднішній день нема єдиного імітатора ЗП, відносно якого оператор виконував би процедуру налагодження НР. У випадку існування такого пристрою фахівець під час налагодження мав би уявлення щодо можливостей такого засобу пошуку, а це в свою чергу дозволило б при атестації приміщень щодо захисту інформації обирати оптимальне обладнання за критеріями — якість, ціна, надійність. Дана робота присвячена дослідженню імітатора ЗП для НР, що має задовольняти наступним вимогам:

- випромінювати достатньо великі рівні гармонік порівняно з гармоніками оточуючих напівпровідникових і МОМ-структур;
- мати задовільну технологічність і високу відтворюваність конструктивних параметрів.

III Основна частина

Серед значного числа робіт, присвячених теоретичному і експериментальному дослідженню антен з нелінійним навантаженням, більшість основну увагу приділяють аналізу характеристик д्रोсяних антен — електричних або магнітних вібраторів. Відомо, що такі антени є резонансними і тим самим на їх основі імітатори не придатні для чіткого розпізнавання електронних об'єктів на фоні наявних напівпровідникових чи МОМ структур.

Розглянемо плоску спіральну антену, побудовану за принципом автоматичного відсікання струму [2]. Плечі плоскої двозаходової спіралі Архімеда описуються рівняннями:

$$\rho_1(\varphi) = a\varphi + b; \quad \rho_2(\varphi) = a(\varphi - \pi) + b,$$

де ρ , φ — полярні координати; a і b — постійні величини. Антена виготовляється у вигляді двох провідників (рис. 1) пласкої форми, виконаними друкованим способом на тонкому листі високочастотного діелектрика. Відстань між провідниками $\Delta\rho$ і ширина провідників Δ постійні за кутом φ , причому $\Delta\rho = \Delta$ (принцип доповнення).

У випадку протифазного збудження різниця фаз струмів у сусідніх провідниках спіралі в точках P' і P (рис. 1) буде дорівнювати [2, с. 376]:

$$\Delta\Phi = \Phi_P - \Phi_{P'} = \frac{2\pi\rho}{\lambda} + \pi,$$

де λ — довжина робочої хвилі.

Значення радіусів ρ_n (при яких $\Delta\Phi = 2\pi n$, де $n = 1, 2, \dots$; струми в сусідніх провідниках в точках P' і P синфазні) знаходимо з рівняння:

$$2\pi\rho = (2n - 1)\lambda, \quad n = 1, 2, \dots \quad (1)$$

Згідно з (1) на колах з периметром, рівним непарному числу довжин хвиль, струми в сусідніх провідниках спіралі знаходяться у фазі і можуть інтенсивно випромінювати електромагнітні хвилі.

Активна область пласкої архімедової спіральної антени в режимі протифазного збудження умовно може бути замінена одним витком радіуса $\rho_{\Pi} = \frac{\lambda}{2\pi}$ з розподілом електричної компоненти еквівалентного струму за законом біжучої хвилі: $I_{\varphi\Pi} = I_0 \exp(-j\varphi)$. Периметр цього еквівалентного витка рівний довжині хвилі.

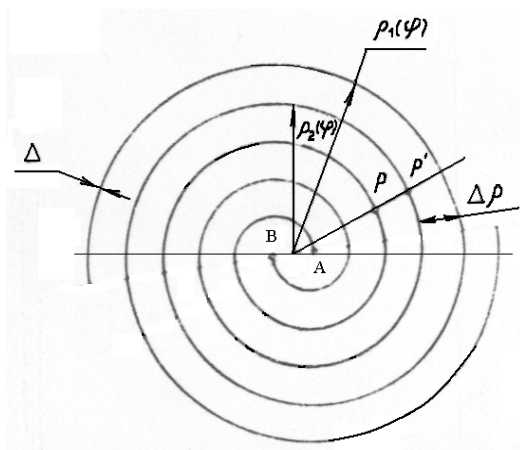


Рисунок 1 — Плоска двозаходова спіральна антена

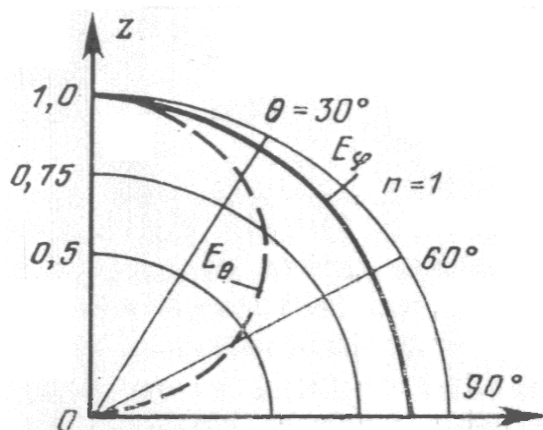


Рисунок 2 — Діаграми спрямованості спіральної антени при протифазному збудженні

Для розрахунку характеристик спрямованості компонент напруженості електричного поля E_θ і E_φ (початок сферичної системи координат співпадає з центром спіралі) використовуються наступні формули [2]:

$$\begin{aligned} E_\theta(\theta, \varphi) &= jA [J_{n-1}(n \sin \theta) + J_{n+1}(n \sin \theta)] \cos \theta \exp(-jn\varphi); \\ E_\varphi(\theta, \varphi) &= A [J_{n-1}(n \sin \theta) - J_{n+1}(n \sin \theta)] \cos \theta \exp(-jn\varphi), \end{aligned} \quad (2)$$

де A — амплітуда, $J_{n\pm 1}(x)$ — функція Беселя порядку $n\pm 1$ (для протифазного збудження $n = 1$).

На рис. 2 показані розраховані діаграми спрямованості (ДС). Оскільки антена симетрична, то ДС побудовані лише для верхнього правого квадранта. Просторові ДС мають вид тіл обертання навколо осі антени.

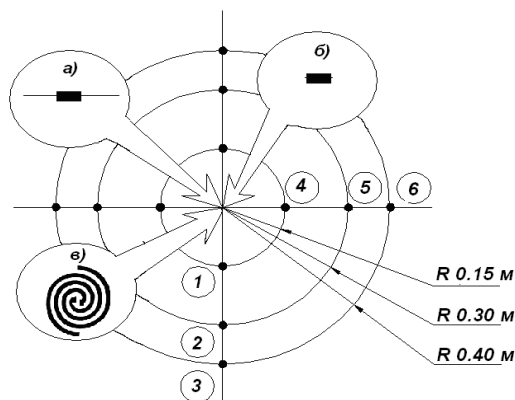


Рисунок 3 — Схема дослідження

Складова поля E_φ завжди більша складової E_θ . Виключення становить лише випадок $\theta = 0$ (або π) при $n = 1$, коли ці складові рівні між собою. Крім цього, згідно з (2), E_θ і E_φ всюди знаходяться в квадратурі. Тому повне поле випромінювання архімедової спіральної антени має переважно еліптичну поляризацію [2, 3]. Однак в площині спіралі меридіональна складова E_θ завжди обертається в нуль, а тому отримуємо лінійно-поляризоване поле. Чисто кругова поляризація виникає в осьовому напрямі $\theta = 0$ (або π) при протифазному збудженні спіралі.

Оскільки приведені справедливі для будь-якої довжини хвилі λ , то протифазна спіральна антена буде

частотно-незалежною як за вхідним імпедансом, так і за характеристикою спрямованості, за умови, що робоча частота перевищуватиме деяке граничне значення (залежить від зовнішнього діаметру антени). Тому, знаючи, що частота зондування багатьох НР лежить в межах від 600 до 900 МГц, доцільно створити імітатор на основі плоскої антени спірального типу.

Функціонування в діапазоні від 600 МГц до 2.7 ГГц здатна забезпечити плоска двозаходова спіральна антена з максимальним радіусом 26 мм, виконана з фольгованого текстоліту і навантажена на діод типу КД-522А в точках А і В (див. рис. 1). Особливістю такого імітатора є також простота конструкції і висока технологічність, що задовольняє поставленим вимогам.

Для підтвердження ефективності представленого імітатора були проведені експериментальні дослідження трьох зразків імітаторів НР "NR-m", антени якого мають кругову поляризацію (кругова поляризація антен є характерною для більшості НР, оскільки її застосування суттєво покращує спроможність виявлення електронних об'єктів), максимальна потужність сигналу зондування становила 0.5 Вт на частоті 848 МГц, а чутливість приймачів не перевищувала -150 дБ/Вт. Дослідження проводилися за схемою, представленою на рис. 3. Слід зазначити, що два зразки симетричних вібраторів різних довжин реагують на лінійну поляризацію, а тому отримана ними енергія від зондувального сигналу буде меншою, порівняно з накопиченою енергією в плоскій двозаходовій спіральній антені, оскільки її поляризація переважно еліптична, тобто задіяними є обидві компоненти поля зондувального сигналу. Виходячи з цього, рівні випромінюваних гармонік плоскої спіральної антени перевищуватимуть рівні випромінюваних гармонік від симетричних вібраторів.

Результати дослідження симетричного вібратора, навантаженого на діод КД 522А (див. а) на рис. 3) у вигляді гістограм співвідношень рівнів гармонік в дБ наведені на рис. 4, 5, де А — рівень послаблення зондувального сигналу, В — чутливість приймачів щодо другої і третьої гармонік, (дані позначення використані і на рис. 6 — 9).

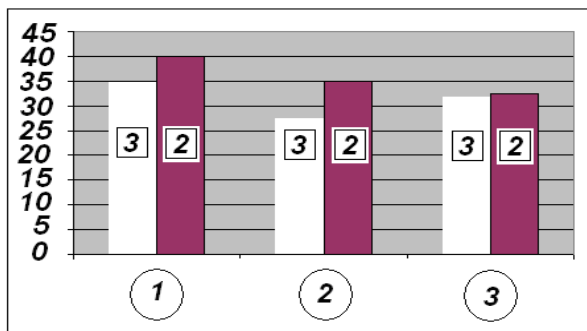


Рисунок 4 — Рівні гармонік, виміряних в точках 1, 2 і 3, згідно з рис. 3 при А=0 дБ, В=0 дБ

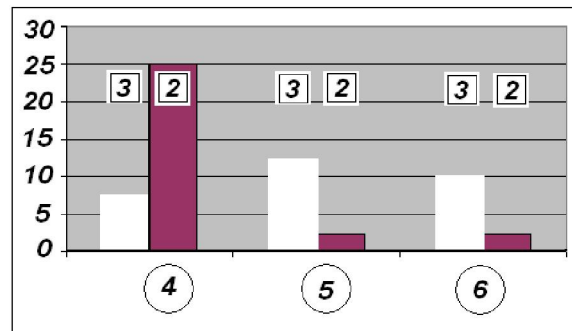


Рисунок 5 — Рівні гармонік, виміряних в точках 4, 5 і 6, згідно з рис. 3 при А= мінус 5 дБ, В=0 дБ

На рис. 6, 7 представлені дослідження імітатора у вигляді діода КД 522А без технологічних виводів (див. б) на рис. 3).

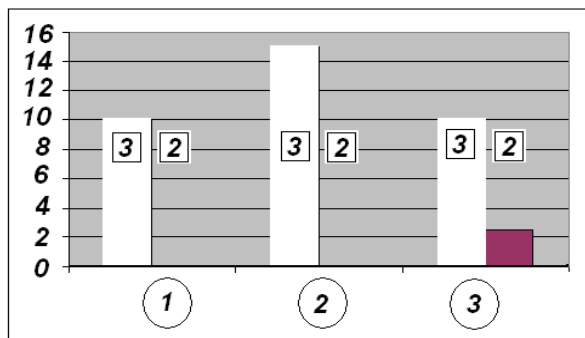


Рисунок 6 — Рівні гармонік, виміряних в точках 1, 2 і 3, згідно з рис. 3 при А= мінус 5дБ, В=0 дБ

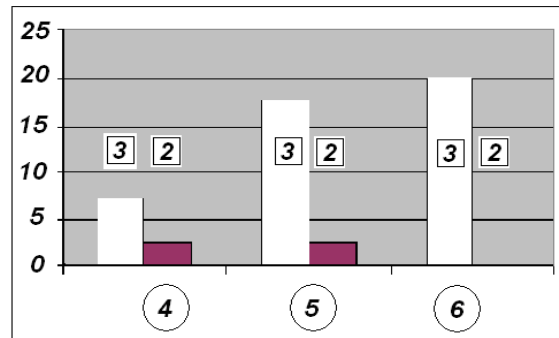


Рисунок 7 — Рівні гармонік, виміряних в точках 4, 5 і 6, згідно з рис. 3 при А= мінус 5дБ, В=0 дБ

На рис. 8, 9 приведені результати дослідження плоскої спіральної антени, навантаженої на діод КД 522А (див. в) на рис. 3).

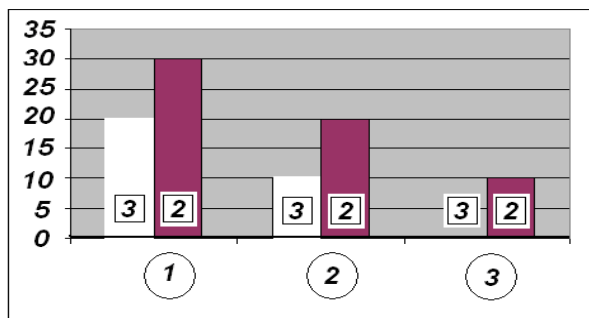


Рисунок 8 — Рівні гармонік, виміряних в точках 1, 2 і 3, згідно з рис. 3 при $A = \text{мінус } 10 \text{ дБ}$, $B = \text{мінус } 30 \text{ дБ}$

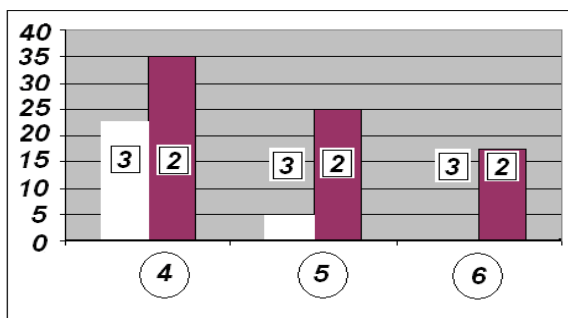


Рисунок 9 — Рівні гармонік, виміряних в точках 4, 5 і 6, згідно з рис. 3 при $A = \text{мінус } 10 \text{ дБ}$, $B = \text{мінус } 20 \text{ дБ}$

Згідно з результатами дослідження чітка ідентифікація ЗП як електронного об'єкта (рівень другої гармоніки значно перевищує рівень третьої), незважаючи на послаблення зонduючого сигналу і суттєве зменшення чутливості приймачів щодо другої і третьої гармонік, відбулася лише у випадку дослідження плоскої спіральної антени, навантаженої на напівпровідниковий елемент. Значний вплив оточуючих напівпровідникових і МОМ-структур підтверджує хибна ідентифікація напівпровідникового елемента (діода КД 522А без технологічних виводів) як завадового об'єкта, оскільки рівень 3-ї гармоніки суттєво перевищував рівень 2-ї (див рис. 6, 7).

IV Висновок

Плоска двозаходова спіральна антена, навантажена на напівпровідниковий елемент, завдяки широкосмуговості дає можливість чіткої ідентифікації електронного об'єкта, при цьому шкідливий вплив оточуючих напівпровідникових і МОМ структур мінімізується, оскільки імітатор ЗП випромінює достатньо великі рівні гармонік порівняно з гармоніками оточуючих нелінійних елементів.

Література: 1. Дорошко В. А., Чекатков А. А. Методы и средства защиты информации. К.: "Юниор", 2003. — 504 с. 2. Марков Г. Т., Сазанов Д. М. Антенны. М.: «Энергия», 1975. — 366 с. 3. Юрцев О. А., Рунов А. В., Казарин А. Н. Спиральные антенны. М.: «Сов. радио», 1974. — 224 с.

УДК 681.3.06; 681.5; 621.391

ОСОБЛИВОСТІ ЗАХИСТУ ДЕРЖАВНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ РЕСУРСІВ В ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНІЙ МЕРЕЖІ ЗА ТЕХНОЛОГІЄЮ IP/MPLS

Володимир Кононович, Сергій Гладий*, Микола Тардаскін**

Академія зв'язку України, *Одеська національна академія зв'язку ім. О. С. Попова,

**Одеський регіональний центр ТЗІ ВАТ «Укртелеком»

Анотація: Визначено порядок проведення робіт та технічні вимоги до комплексної системи захисту державних інформаційних ресурсів в телекомунікаційній мережі загального користування, побудованих за технологією IP/MPLS. Розглянуто особливості реалізації комплексної системи захисту інформації.

Summary: It is defined the works order and technical requirements for the complex information security system of state information resources in the public telecommunication network based on IP/MPLS technology. The specific terms of realization of the complex information security system are considered.

Ключові слова: Захист інформації, державний інформаційний ресурс, телекомунікаційна система, технологія IP/MPLS.

I Вступ

Захисту інформації в інформаційних, телекомунікаційних та інформаційно-телекомунікаційних системах приділяється все більша увага при зростанні ролі інформації в усіх сторонах життя особи, суспільства, виробництва й держави та поширенню загроз і ризиків інформаційної, економічної, екологічної, технологічної тощо, безпеки в рамках національної безпеки України.